

ものづくりによる地域貢献促進のための技術習得 「ママさんダンプパワーアシスト装置の開発」

内山 裕二* 青山 直樹* 川崎 孝俊* 峠 正範* 山森 英智*

1. 概要

先端科学技術育成センターは創成 CIRCLE という創成教育部門（教育実習及び研究の支援）、精密工作部門（ものづくり技術支援）、地域連携部門（地域との技術コミュニケーション促進）の3部門から成り立っている。そこで実際に地域に貢献できるようなものづくりを行い、各部門の促進及び育成センターの技術アピールを行うことを目的とする。今回は福井のような雪が多く積もるところでは雪かきが大変であるために、それを技術的にサポートできるもの（福井なら一家に一台はあるであろうママさんダンプをパワーアシストする補助具）の開発を行う。補助具は以下パワーアシスト装置とする。

2. パワーアシスト装置設計

初めにパワーアシスト装置の設計を行う。必要な仕様を下記に示す。

- ① 大量の雪を押せるように、10kg 程度はパワーアシスト装置で押すことが出来るようにする。
 - ② 持ち運びがしやすいように、軽量化を図る。
 - ③ 押す、引く、雪を下ろすの動作が出来るようにする。
 - ④ 操作は無線コントローラで行う。
- 以上4点を仕様目標とし、実現できるように設計に入る。

まず①について、モータの選定をするために、必要なトルクを計算する（※1 参照）。トルクは加速期間トルク Ta [kg・cm] と等速運動期間トルク Tl [kg・cm] とする（図1 参照）。

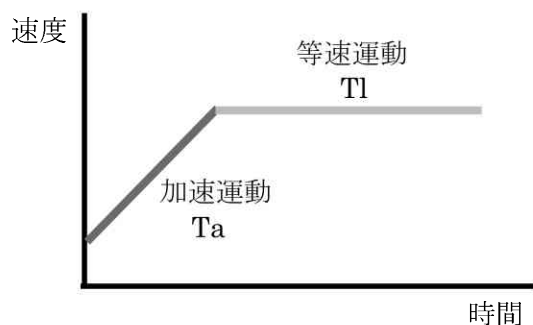


図1 物体運動に必要なトルク

トルクは図1のように加速期間と等速運動期間で異なる。次に Ta を式(1)のように、 Tl を式(2)のように表す。

$$Ta = \frac{WD^2}{8g} \times \frac{2\pi f}{t} + Tl \quad (1)$$

$$Tl = \frac{\mu WD}{4} \quad (2)$$

W [kg]: 物体の質量

D [cm]: モータで駆動させるタイヤの直径

g [cm/sec²]: 重力加速度

f [回転/sec]: タイヤの等速回転速度

t [sec]: 加速期間の時間

μ : 摩擦係数

本研修では

W : 10[kg] + α (装置の重量) [kg]

D : 8[inch] = 20.32[cm]

f : 1[回転/sec] = 20.32[cm/sec]

t : 2[sec]

μ : 0.8 (道路)

として考えると、

$Tl = 4.064 * (10 + \alpha)$ [kg・cm]

$Ta = 4.229 * (10 + \alpha)$ [kg・cm]

となる。

これよりモータをツカサ電工株式会社製の TG-85R-SU-552-KA に選定した。このモータはトルク 56.1kg・cm であるが、回転数が 0.4 回転/sec に落ちるため、 Ta を再度計算しなおすと

$Ta = 4.13 * (10 + \alpha)$ [kg・cm]

となる。

また、今回はモータを2個使用するため、トルクを 112.2kg・cm で考えると、装置本体の重量 $\alpha < 17.167$ kg であればよいことが分かる。

②について、①の設計から得た結果を考慮し、solidwoks を用いて装置のモデルを作製した。図2に作製したモデルを示す。加工しやすさという観点から製作の素材はアルミニウムで検討し、モデルの体積から重量を計算し、バッテリー、モータ、タイヤの重量を加えるとおよそ 14kg 程になった。

*第1技術室 機器開発・試作班

動作的には問題ないが、より軽量化を目指して、今回は素材をアクリルに変更した。アクリルで重量を計算するとおよそ 10kg 程になり、4kg の削減になった。しかし、加工時に割れやすく注意する必要がある。

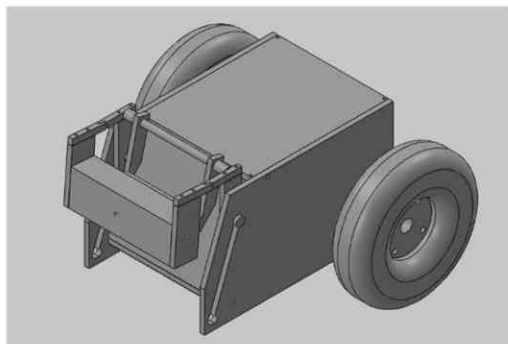


図 2 パワーアシスト装置

③について、ママさんダンプを掴む部分(以下掴み部)を 20 度程傾き出来るようにすることにより、押す、引く動作を可能にした(図 3 参照)。また、掴み部を上下移動出来るようにし、下部に移動軸を引っ掛けられるような切込みを入れることにより、雪を下ろす動作も可能にした(図 4 参照)。

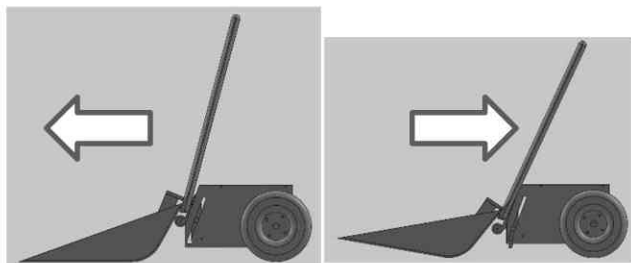


図 3 左：押し動作、右：引く動作

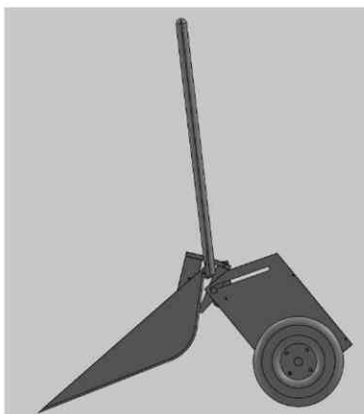


図 4 雪下ろし動作

④について、無線コントローラで操作を行えるように制御部を設計する。制御コアには Arduino を使用する。制御部のブロック図を図 5 に示す。無線には MONO WIRELESS 社の TWE-Lite Dip を使用した(図 6 参照)。TWE-Lite Dip は簡単に無線通信を行うことが可能であり、消費電力も少ないため、使用する無線モジュールに選定した。モータドライバには、モータが最大電流 3A で動作するため、デュアル MC33926 モータドライバシールドを使用した(図 7 参照)。Arduino にはこのような機能を拡張出来るシールドがあり、基板を製作することなく、組み合わせるだけでシステム構築が可能となる。バッテリーには 12V5Ah の鉛蓄電池を使用した。もしモータを 3A で連続動作させても 1 時間 40 分は動作させることが可能となる。鉛蓄電池の充電には専用のバッテリーチャージャーが必要となるが、今回は充電回路を組むことにより AC/DC アダプタ(19V3.4A)から DC ジャックに差し込むだけで充電出来るように設計した。

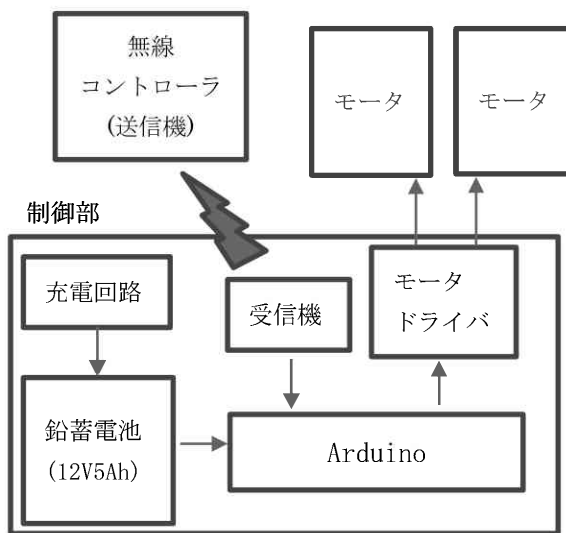


図 5 制御部ブロック図

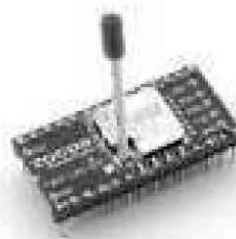


図 6 TWE-Lite Dip



図7 Arduino + モータドライバシールド

3. パワーアシスト装置製作

設計が決まったところで製作に取り掛かる。製作は研修メンバー及び島崎殿にサポートして頂き、作製したモデルから図面を起こし、作業分担して行った。加工し、組み合わせ出来上がった装置を図8に示す。

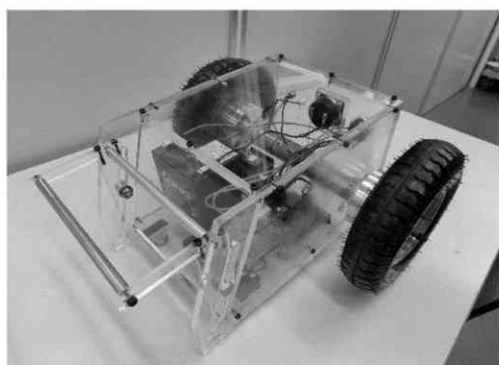
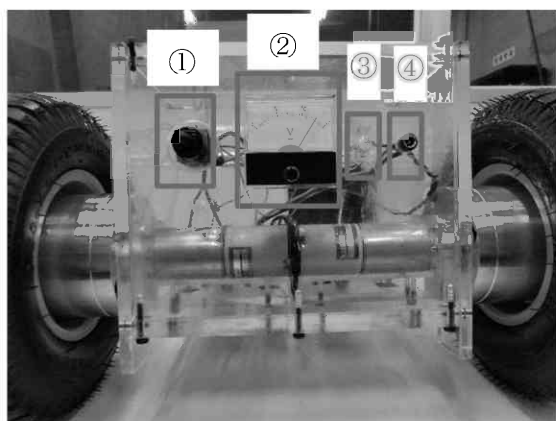


図8-1 パワーアシスト装置



- ①：スイッチ(上:動作, 真中:停止, 下:充電)
- ②：バッテリー電圧計
- ③：充電量識別 LED
- ④：充電時差込 DC ジャック

図8-2 パワーアシスト装置 背面

装置に掴み部が無いことについて説明する。

設計段階では掴み部のところに電磁石を取り付け、後ろに鉄の丸棒を取り付け挟み込むような構想をしていた(図9参照)。しかし、実際に行ってみると磁力が弱く、把握する力が全く無かった。その為、他の方法を幾つか検討し試したが、良い方法は無く、今回はママさんダンプに穴を開け、マジックテープにより固定するという形になってしまった。

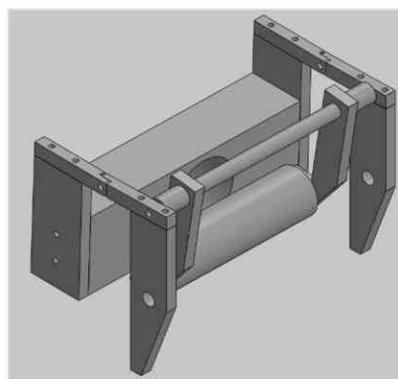


図9 掴み部

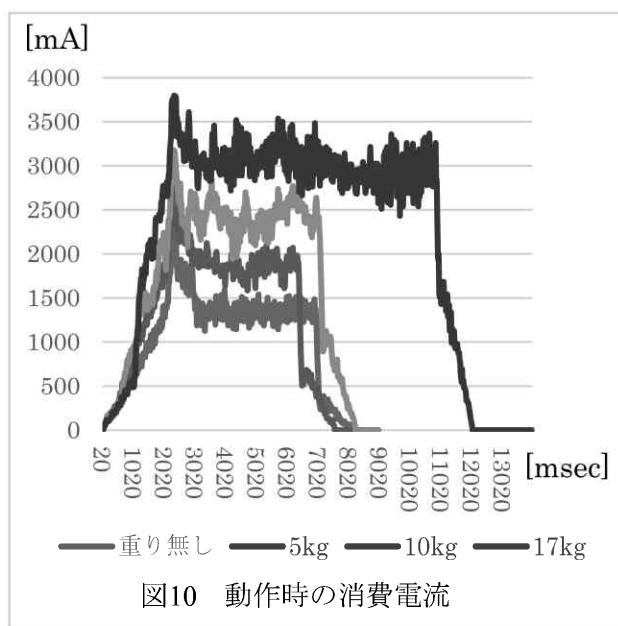
本装置の重量は9.4kgになった。

本装置は背面に制御スイッチ及び電圧計を設けた。本装置の動作モードとして、運転、充電、停止がありスイッチ(図8-2①)により動作モードを変更するように製作した。また、バッテリーの残量を見られるように電圧計(図8-2②)を配置した。バッテリーが少なくなっている場合は、スイッチを充電モードに変更し、AC/DCアダプタを差込み(図8-2④)充電を行う。充電中はLED(図8-2③)が点灯し、充電が完了すると消灯する。このとき充電も終了するため、過充電は行われない。

4. パワーアシスト装置性能評価

実際に使用するにあたり、性能評価を行う。まずどれ位の重量を押すことが出来るか、何時間動作できるか調査を行う。方法は装置の前にペール缶を置き、ペール缶の中に水を入れどれ位の重量まで動かせるか調査する。また、重量を押している時、どの程度電流を消費するのか調査する。電流はモータドライバシールドからモータを動かしたときの電流値を取得することが出来るため、その値から考察を行う。結果は図10に示す。結果としては、重量は17kgまで押して動かすことが出来た。2.で計算したトルク値と本体の重量9.4kgで考えた場合、理論値では17.767kgまで押すことが可能である。実際としては若干少なくなっていたが、おおよそ理論値どおりとなっている。電流値を見てみると重量が重くなる毎に、

電流値も増加していることが分かる。
重量の設計値としては 10kg としていたが、実際の雪の重量を量ったところ、中サイズのママさんダンプで 5kg 程であった。このため、重量 5kg の電流値を見る。動き始めと止まり際は考えず、電流値が安定する所を見ると平均で 1898mA であった。今回バッテリーは 5Ah を使用しているため、仮に 5kg の雪を押し続けた場合は、動作時間として 2.6 時間は動作し続けることが出来る。



次に押す、引く、雪を下ろす(図 11 参照)の動作が出来るか確認する。押す、引くという動作に関しては問題なく動作出来ることを確認した。しかし、雪を下ろすという動作に関しては、あまりスムーズには動作出来なかった。これは、ママさんダンプを上下に移動させる軸がママさんダンプを付けることにより左右にぶれが生じる。その為、軸がまっすぐにならずスムーズに上下移動が出来ないためであった。



図 11 雪を下ろす動作

最後に実際の雪かきの評価をした(図 12 参照)



図 12 雪かき評価中

雪の無い路面から入る分には問題は無かったが、雪の上に入ったところタイヤが滑って空回りしてしまった。タイヤには市販のスプレーチェーンを使用して見たが、装置自体の自重が軽いためか効果は薄かった。また、装置が少し縦に長くママさんダンプとの距離が開いてしまい、動きづかった。

5. 反省及び研修の考察

まず、パワーアシスト装置について、改善すべき点が幾つかあった。主要なものを挙げると、

- ・ママさんダンプと装置を把持するところ
- ・タイヤがスリップしてしまうこと
- ・装置が縦に少し長いところ

がある。ママさんダンプと装置の把持するところについては、機構そのものを考え直す必要があると考える。タイヤのスリップに関しては、キャタピラに変更する、スパイクタイヤ的なものを製作するなどが考えられる。装置の大きさに関しても実際に使ってみるとまだ検討の余地はあると考える。

次に研修を通したものづくりについて、今回はゼロから新規の装置を自分たちで設計・製作を行い、技術の向上及び技術アピールを考えていた。しかし、製作する力はあるが、設計する力が足りず、いま一つな製作物になってしまった。今後は設計分野を学び、更により良いものを製作していきたいと考える。

参考

※1「トルクとギアの使い方」

” <http://www.picfun.com/motor02.html>”